



CAVILUX WELDING MONITORING

Tuotekehitys ja dokumentointi

Aku Savolainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Tietotekniikka
Sulautetut järjestelmät ja
elektroniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka

Aku Savolainen:
CAVILUX Welding Monitoring
Tuotekehitys ja dokumentointi

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2013

CAVILUX Welding Monitoring -tuote on kehitetty Cavitar Oy:n asiakkaiden toiveita, tarpeita ja vaatimuksia seuraten. CAVILUX Welding Monitoring -tuote mahdollistaa hitsauksen monitoroinnin 24/7-tuotanto-olosuhteissa. Työssä kerrotaan yleisesti tuotekehityksestä ja teknisestä dokumentoinnista.

Johdannossa on esitetty Cavitar Oy:n aikaisempaa tuotantoa, johon CAVILUX Welding Monitoring -tuote perustuu. Lisäksi on kerrottu CAVILUX -HF ja Smart -tuotteiden keskeisimmät ominaisuudet ja rajoitteet, kuten duty cycle -käsite ja sen alkuperä.

Luvussa kolme on kerrottu mitä asioita tulee ottaa huomioon tuotekehityksessä. Lisäksi, pohditaan tuotteen määrittelyä, komponenttilistausta, versionhallintaa ja turvallisuus näkökohtia. Edelleen on esitetty käyttöohjeen, datalehden ja markkinointimateriaalin oleellinen sisältö.

Luvussa neljä on kerrottu lasersäteilyn vaaroista ja sen vaikutuksesta kudoksiin, sekä käyty läpi viranomaisvaatimukset ja säädökset. Luvussa on kerrottu lasereiden luokituksista ja niiden eroista, sekä käyty läpi lasersäteilyltä suojautuminen ja lasersäteilystä varoittaminen. Lisäksi käydään läpi uuden laitteen sertifiointiin liittyviä asioita, kuten viranomaisvaatimukset ja niiden täyttäminen.

Luvussa viisi on kerrottu CAVILUX Welding Monitoring -tuotteen versioista ja niiden eroista. Erot on käyty läpi niin kuvina kuin sanallisesti. Lopuksi työssä on pohdittu projektikokonaisuutta ja sen tulevaisuuden näkymiä.

Asiasanat: hitsauksen monitorointi, tuotekehitys, dokumentointi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

Aku Savolainen:
CAVILUX Welding Monitoring
Development and documentation

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 5 pages
May 2013

CAVILUX Welding Monitoring device has been developed purely following Cavitar Ltd's customer wishes, needs and requirements. CAVILUX Welding Monitoring product makes it possible to monitor welding in 24/7 industrial environment. This thesis presents product development and technical documentation at general level.

Introduction presents Cavitar Ltd's older production on which CAVILUX Welding Monitoring device is based. There is also told major features and limitations of CAVILUX-HF and Smart products and opened idea of duty cycle.

Chapter three presents issues that have to be taken into consideration in a development project. It also covers product definition, component listing, version management and safety points. Thesis describes what is included in manual, datasheet and marketing material.

In chapter four is told hazards of laser radiation and their influences on tissue as well as authority regulations and statutes are discussed. Also laser classes and their differences are covered. It is also described how you should protect yourself from laser radiation and how warn other people. Thesis presents main steps related to the certification of a new device, such as how to fulfill related regulations.

In chapter five different versions and main differences of CAVILUX Welding Monitoring versions are described. Differences are described in verbal and visual ways. In the end of thesis whole project and future plans are discussed.

Key words: welding monitoring, development, documentation.

SISÄLLYS

1	ALKUSANAT.....	6
2	JOHDANTO.....	7
2.1	Tavoitteet	7
2.2	Historia.....	7
3	TUOTEKEHITYS.....	9
3.1	Tuotteen määrittely	9
3.2	Komponenttilistaus	9
3.3	Versionhallinta.....	9
3.4	Käyttöohje ja datalehti	10
3.5	Markkinointimateriaali	10
4	Laserturvallisuus	11
4.1.1	Lasersäteilyn biologiset vaikutukset	12
4.1.2	Turvallisuusstandardit ja varomääräykset.....	13
4.2	Laserluokat.....	14
4.2.1	Luokka 1 ja 1M	15
4.2.2	Luokka 2 ja 2M	15
4.2.3	Luokka 3R.....	15
4.2.4	Luokka 3B	16
4.2.5	Luokka 4.....	16
4.3	Lasersäteilyltä suojautuminen.....	16
4.4	Lasersäteestä varoittaminen	17
4.5	Sertifiointi	17
5	CAVILUX Welding Monitoring	19
5.1	Versiot.....	19
5.1.1	Versio 1.0	19
5.1.2	Versio 2.0	20
5.1.3	Versio 3.0	21
5.1.4	Versio 4.0	22
5.2	Tulevaisuudessa	23
6	POHDINTA.....	24
	LÄHTEET	25

LYHENTEET JA TERMIT

nm	nanometri
kHz	kilohertsi
MHz	megahertsi
DC	duty cycle
CD	Compact Disc
DVD	Digital Versatile Disc
IR	Infrared
MPE	Maximum Permissible Exposure
VGA	Video Graphics Array
GigE	Gigabit Ethernet
EU	Euroopan unioni
EMC	Electromagnetic compatibility
EEA	European Economic Area
EFTA	European Free Trade Association
CO ₂	Carbon dioxide
MIG	Metal-Arc Inert Gas
MAG	Metal-Arc Active Gas
UV	Ultravioletti

1 ALKUSANAT

Suuri kiitos kaikille, jotka ovat tukeneet ja auttaneet minua opintojen sekä opinnäytetyön kanssa. Tämä ei olisi ollut mahdollista ilman teidän korvaamatonta tukea. Erityisesti haluan kiittää kihlattuani koko opiskelujeni aikana saamastani tuesta. Hän on auttanut minua jaksamaan henkisesti ja fyysisesti. Suuri osa tästä kiitoksesta kuuluu Cavitar Oy:lle, joka on antanut minulle mahdollisuuden työskennellä koko tämän viiden vuoden ajan opintojeni ohessa. Cavitar Oy on taannut minulle hyvät lähtökohdat valmistumisen jälkeiselle työelämälle. Tarjoamanne työkokemus on korvaamatonta tämän päivän työmarkkinoilla. Opinnäytetyö opetti minulle henkilökohtaisesti paljon nykyajan tuotekehityksestä ja suunnittelusta. Lisäksi haluan kiittää perhettäni, vanhempia ja sisarusia kaikesta saamastani tuesta ja avusta. Vielä kerran suuri kiitos kihlatulleni, perheelle, ystäville ja työtovereille.

Tampereella 13.5.2013

Aku Savolainen

2 JOHDANTO

2.1 Tavoitteet

Tämä työ on tehty Cavitar Oy:n CAVILUX -tuoteperheen jatkojalostamiseksi. Työssä jatkokehitettiin CAVILUX Welding Monitoring -tuotetta. Työssä käydään läpi kehitysprojektin vaiheita ja yleisiä huomioon otettavia asioita.

Tarve kehittää CAVILUX Welding Monitoring -tuotetta on tullut suoraan Cavitar Oy:n asiakkailta. Asiakkaat ovat halunneet komponenttien sijasta kokonaisen järjestelmän, jonka avulla he voivat tehdä hitsauksen monitorointia ja laadunvarmistusta 24/7-tuotanto-olosuhteissa. CAVILUX Welding Monitoring -tuotteen kehityksessä avainkysymyksiä ovat helppokäyttöisyys, laitteen koko ja laserturvallisuus.

2.2 Historia

CAVILUX-tuotteet perustuvat 690 ja 810 nm:n pulssitettuihin diodilaservalonlähteisiin. Ne ovat suunniteltu alun perin tutkimuskäyttöön. Diodilaservalonlähde mahdollistaa useissa kuvantavan monitoroinnin sovelluksissa riittävän valaisun määrän. Tärkeimpiä sovelluskohteita diodilaservalonlähteille ovat hitsauksen monitorointi, virtausmittaukset, suurnopeuskuvaukset, kuumien kohteiden monitorointi sekä puolustusteollisuudessa ballistiikan ja räjähdysten kuvaus. CAVILUX-tuoteperhe on alun perin pitänyt sisällään CAVILUX Smart ja CAVILUX HF -tuotteet. HF -tuote on kehitetty Smartin pohjalta siinä vaiheessa, kun tarvittiin parempaa suorituskkyä. HF -tuote mahdollistaa laservalonlähteen käytön erityisesti suurnopeuskameroiden kanssa. (Cavitar Oy 2013)

Smart-laite mahdollistaa diodilaservalonlähteen pulssituksen 100 kHz asti, kun HF:ää voidaan käyttää 2 MHz asti. Päälläolosuhteen (duty cycle, DC) rajoittaa kullekin valonlähteelle ominainen arvo. Smartilla tämä on 0,1 % ja HF:llä 2 % suurnopeusmoodissa. Jatkuvakäyttöisessä moodissa DC on kaikille CAVILUX -tuoteperheen laservalonlähteille 0,03 %. Duty cycle -arvo voidaan laskea kaavalla 1.

$$DC = f \cdot T_{pulse}$$

Kaava 1

Kaavassa 1 DC = duty cycle, f = toistotaajuus ja T_{pulse} pulssinpituus.

CAVILUX Welding Monitoring -tuote kehitettiin pääasiassa Smartin pohjalta, koska tuote on fyysisesti huomattavasti pienempikokoinen kuin HF -tuote ja tämä oli yksi tärkeimmistä suunnittelussa huomioon otettavista asioista. Kuvassa 1 näkyy Smart- ja HF-tuotteen koko ero. (Cavitar Oy 2013)



KUVA 1. CAVILUX Smart ja HF.

3 TUOTEKEHITYS

3.1 Tuotteen määrittely

Tuotekehitys on tärkeää aloittaa kehitettävän tuotteen määrittelystä. Tämä helpottaa tuotekehittäjän työtä. Toki tämä määrittely elää tuotekehitysprojektin aikana, kun selviää tarkemmin, mikä on järkevästi ja kustannustehokkaasti mahdollista. Tämä lista toimii suoraan muistiona, josta kehittelijöiden on myöhemmin helppo tarkastaa, mitkä olivat tuotteen vaatimukset. Listassa voi ja kannattaa olla eritasoisia vaatimuksia. Erottelu pakollisiin vaatimuksiin ja asiakaslähtöisiin toivomuksiin antaa myös hyvää suuntaa kehitystyölle. CAVILUX Welding Monitoring -tuotteet on määriteltä silmälläpitäen asiakkaiden toivomuksia ja vaatimuksia.

3.2 Komponenttilistaus

Yksi tärkeimmistä tuotekehitysprojektin osista on komponenttilistaus. On tärkeää aloittaa listauksen tekeminen sitä mukaa, kun ominaisuudet ja komponentit varmistuvat. Tähän tuotekehitystä tekevillä yrityksillä usein on, jokin malli määritettynä ja jos sellaista ei ole, kannattaa se tehdä. Ensimmäinen asia, jota tuotannon suunnalta tullaan pyytämään on tuotekohtainen komponenttilistaus. Listassa tärkeitä tietoja ovat komponentin kuvaus, yksilöivä komponenttinumero, komponentin valmistaja, edustaja, edustajan tuotenumero, komponentin hinta, toimitusaika ja yhteen tuotteeseen tarvittava määrä.

3.3 Versionhallinta

Versionhallinta on usein asia, jota ei tule ajateltua ennen kuin sen tarpeellisuus huomataan. Ja tämä huomataan usein vasta siinä vaiheessa, kun jollakin asiakkaalla menee jokin vikaan. On lähestulkoon mahdotonta muistaa jälkikäteen, mitkä ovat jokaisen eri version erot. Käytännössä on hyvä antaa uusi versionumero aina, kun tuotteeseen tehdään muutoksia. Versionumeron suunnittelussa tämä voidaan ottaa huomioon siten, että versionumerossa voi olla eri tasoja esimerkiksi sen mukaan, mitkä versiot ovat edenneet tuotantoon asti. Lisäksi esim. kokonaisnumerot voivat olla hardwareen tehtyjä muutoksia, kymmenesosat softwareen tehtyjä muutoksia ja sadasosat vain pieniä muutoksia

esimerkiksi komponenttitasolla valmistajan vaihtuminen. Taulukossa 1 on esimerkkejä versionumeron käytöstä.

TAULUKKO 1. Esimerkkejä versionumeroiden käytöstä.

Versionumero	Muutos
0.1	Ensimmäinen prototyyppi
1.0	Ensimmäinen tuotantoversio
1.1	Ensimmäinen tuotantoversio version X.X ohjelmalla
1.11	Ensimmäinen tuotantoversio, version X.X ohjelmalla ja vastuksen Rnro valmistaja vaihtunut
2.0	Toinen tuotantoversio uudella mekaniikalla ja liittimillä

3.4 Käyttöohje ja datalehti

Käyttöohjeen ja datalehden kirjoittaminen kannattaa aloittaa tuotekehitysosuuden lopupuolella, kun tiedetään tarkemmin tuotteen ominaisuudet. Näin säästytään työltä, joka pahimmassa tapauksessa tehtäisiin useaan otteeseen, kun esim. päätetäänkin luopua jostakin ominaisuudesta lopullisessa tuotteessa. Käyttöohjeen tulee kuitenkin olla valmiina siinä vaiheessa, kun tuote siirtyy tuotantoon ja toimitusvaiheeseen. Euroopan alueella myytävissä laitteissa tulee olla laitteen käyttö- ja huolto-ohjeet. Säädökset ovat yleensä maa- tai aluekohtaiset. Säädöksistä kerrotaan lisää tuonnempana.

Datalehti sisältää yleensä tuotteen tärkeimmät ominaisuudet. Datalehti on enemmänkin markkinoinnin apuväline kuin säädösten määräämä. Datalehteä kysyy useimmiten teknisesti valveutunut asiakas. Datalehti voi olla osa käyttöohjetta.

3.5 Markkinointimateriaali

Usein tuotekehittäjän tehtäväksi jää avustaa markkinointiin tarvittavan materiaalin koamisessa. Materiaali voi olla datalehden lisäksi erilaisia kuvia ja teknisiä piirustuksia, kuten esim. laitteen kotelon piirustukset ja kuvat sekä liittimien kytkentäkaaviot. CA-VILUX Welding Monitoring -tuotteen tuotekehitysprojehtin aikana toteutettiin pika-asennusohje, kaapelin kytkentäkaavioita ja maakohtaisia asetusohjeita käyttöohjeen tueksi.

4 Laserturvallisuus

Laserturvallisuuden valvonnasta Suomessa vastaa säteilyturvakeskus (STUK). Lasereiden käyttöä valvotaan koska lasersäteilyn energia ylittää herkästi kudoksen vauriokynnyksen iholla ja silmiin osuessaan. Tästä syystä lasersäteilylle on määritelty altistusraajat onnettomuuksien välttämiseksi. Lasersäteilyn vaikutuksien tutkimustieto perustuu laajaan biologiseen tutkimustietoon, jonka juuret juontavat aina 1960-luvulta. Tutkimustieto on peräisin eläinkokeista, silmätapaturmista ja silmien laserhoitoon osallistuneille koehenkilöille tehdyistä kokeista. Laserluokitukset kannattaa ottaa vakavasti, koska niiden turvamarginaalit ovat melko pienet. Normaalisti 2-10 -kertainen altistusrajan ylitys ylittää minimivauriokynnyksen. (STUK 2010)

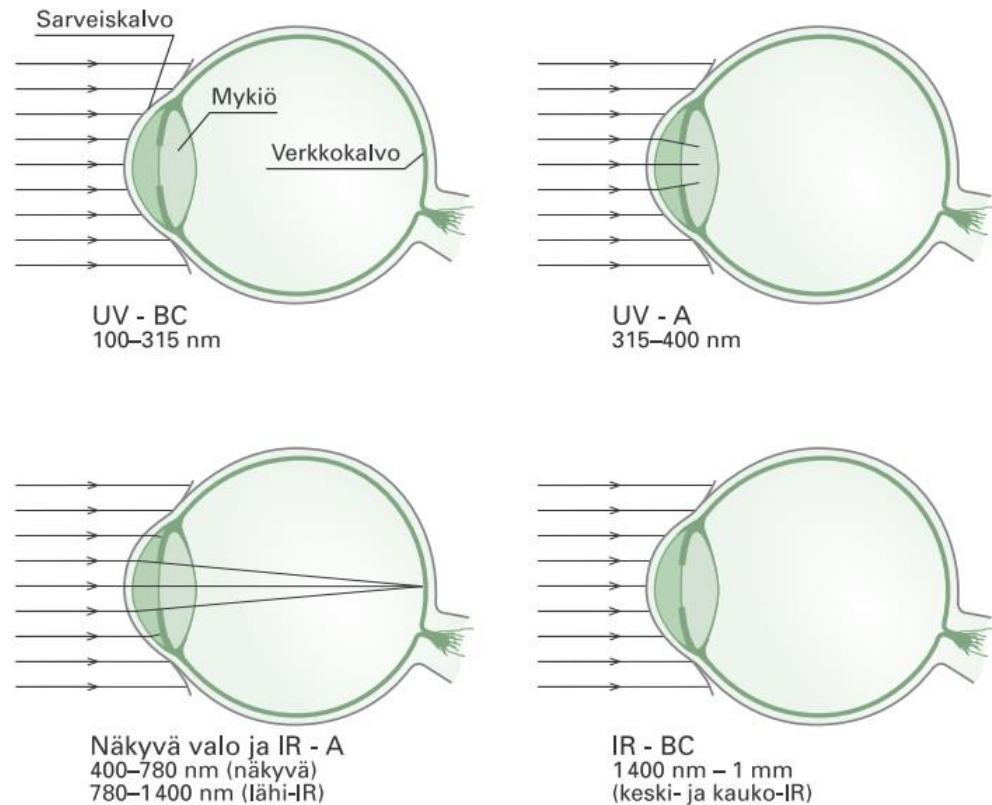
Lasereiden aiheuttamien onnettomuuksien kokonaismäärää ei tarkkaan tiedetä. Yleinen arvio on, että onnettomuuksien lukumäärästä puhuttaessa on kyse tuhansista tapauksista. Suomessa ei kuitenkaan tiettävästi ole tapahtunut yhtään sellaista onnettomuutta, jossa olisi syntynyt näkövammoja. (Jokela, Ylianttila, Visuri & Hietanen M. 2009)

Lasersäteilyn poikkeukselliseksi muista säteilylähteistä tekee sen yksilölliset ominaisuudet, kuten säteilyn monokromaattisuus ja koherenttisuus. Lisäksi säteilyn lähtöaukko voi olla hyvin pieni ja säteen kirkkaus hyvin suuri. Nämä ominaisuudet mahdollistavat säteen kohdistamisen hyvin pienelle alueelle suurella säteilyenergialla. Säte on mahdollista myös kollimoida, jolloin säteily on lähes yhdensuuntaista ja täten vaarallista pitkienkin etäisyyksien päässä. (Jokela, Ylianttila, Visuri & Hietanen M. 2009)

4.1.1 Lasersäteilyn biologiset vaikutukset

Lasersäteily voi aiheuttaa ihmisen kudoksissa kahdenlaista vaikutusta: mekaanista vaikutusta tai lämpövaikutusta. Lämpövaikutus syntyy, kun lasersäteily absorboituu kohteeseen eli tässä tapauksessa ihoon tai silmään. Tämä voi aiheuttaa ihossa erilaisia reaktioita, kuten hypertermiaa, ihon ablaatiota ja solujen hyytymistä. Hypertermiaa aiheuttavassa vaikutuksessa ihmisen kokonaisruumiinlämpö nousee muutaman asteen muutamissa kymmenissä minuuteissa ja aiheuttaa välittömän kuoleman. Ablatioreaktiossa solukon lämpötila nousee nopeasti yli 100 °C ja ihon solut höyrystyvät. Solujen hyytymistä pääsee tapahtumaan, kun ihon lämpötila nousee nopeasti 50-100 °C. Mekaanisia vaikutuksia syntyy yleensä, kun lasersäteilyn aiheuttamassa prosessissa syntyy plasmää, räjähtävää höyrystymistä tai kavitaation aiheuttamaa muodonmuutosta. Nämä ilmiöt liittyvät yleensä shokkiaallon laajentumiseen, jolla on hajottava vaikutus. Osa sähkömagneettisesta säteilystä muuttuu liike-energiaksi törmätessään kohteeseen. (Jokela, Ylianttila, Visuri & Hietanen M. 2009; Latokartano J. 2008; Mickaël LELEK 2007)

Ihon lisäksi lasersäde voi aiheuttaa suurta vahinkoa ihmisen silmille. Etenkin näkyvän valon (400-780 nm) ja lähi-infrapunasäteilyn aallonpituusalueilla (780-1400 nm). Kuva 2 osoittaa kuinka eri aallonpituusalueiden säteilyt tunkeutuvat ihmisen silmiin. (Jokela, Ylianttila, Visuri & Hietanen M. 2009)



KUVA 2. Eri aallonpituusalueiden tunkeutuminen ihmisen silmiin. (Lähde Jokela, Ylianttila, Visuri & Hietanen M. 2009, 78)

Pulssitoimisen lasersäteilyn aiheuttama vaurio on yleensä suurempi kuin jatkuvatoimisen lasersäteilyn. Verkkokalvovaurion synnyssä näkö voi hämärtä äkillisesti, näkyvän valon alueella voi näkyä kirkas välähdys, verkkokalvosta voi kuulua ”poksahdava ääni” ja silmässä voi tuntua äkillistä kipua. Säteilyturvakeskuksen julkaisuista saa tarkemmin ja laajemmin tietoa lasersäteilyn biologisista vaikutuksista ja niiden syntymisestä. (Jokela, Ylianttila, Visuri & Hietanen M. 2009)

4.1.2 Turvallisuusstandardit ja varomääräykset

Säteilyturvakeskuksen mukaan EU:ssa työntekijöihin kohdistuvat lasersäteilyaltistuksen enimmäisarajat annetaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2006/25/EY, joka on tullut voimaan toukokuussa 2010 ja korvannut sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen 1474/1991. Direktiivin enimmäisarvot perustuvat standardissa EN 60825-1 esiteltyihin enimmäisarvoihin. Altistuksen enimmäisarvot on määritelty alle kymmenen sekunnin altistuksille energiatihytenä (J/m^2) ja yli kymmenen sekunnin altistuksille

tehotiheytenä (W/m^2). Taulukossa kolme on listattu keskeisimmät laserturvallisuusstandardit ja suositukset. (STUK 2010)

TAULUKKO 3. Keskeisimmät laserturvallisuusstandardit ja – suositukset. Lähde STUK.

Julkaisija	Nimi	Tunnus	Vuosi	Standardi
SFS (Suomen standardisointisliitto)	Safety of laser products- Part 1: Equipment classification and requirements	SFS-EN 60825-1	2008	Suomalainen SFS-standardi
CENELEC	Safety of laser products- Part 1: Equipment classification and requirements	EN 60825-1	2007	Eurooppalainen EN-standardi
IEC	Safety of laser products- Part 1: Equipment classification and requirements	IEC 60825-1	2007	Kansainvälinen standardi
	Safety of laser products- Part 14: A user's guide	IEC TR 60825-14	2004	Tekninen raportti (kansainvälinen suositus)
ANSI	American National Standard for Safe Use of Lasers	ANSI Z136.1	2007	Amerikkalainen standardi
ICNIRP	Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1000 μm	ICNIRP Guidelines, Health Phys. 71(5): 804-819	1996	Kansainvälinen suositus
ICNIRP	Revision of guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1,4 μm	ICNIRP Guidelines, Health Phys. 79(4); 431-440	2000	Kansainvälinen suositus

4.2 Laserluokat

Laserlaitteet luokitellaan eri luokkiin lasersäteilyn aiheuttaman terveysriskin perusteella. Nykyinen järjestelmä luokittelee laserlaitteet seitsemään eri luokkaan. Laserlaitteen vaarallisuus on sitä suurempi, mitä suurempi laserluokka on. Cavitarin CAVILUX - laserlaitteet ovat pääasiassa luokan 4 laserlaitteita eli terveysriski on suuri. CAVILUX Welding Monitoring -tuote pyrittiin suunnittelemaan siten, että laite olisi laserluokaltaan 3R. Tähän on osassa ratkaisuja päästy muuttamalla laservalaisun aallonpituutta, tehoa ja päälläoloaikaa sekä valaisuoptiikkaa.

4.2.1 Luokka 1 ja 1M

Luokkaan 1 ja 1M kuuluvat laserit, jotka ovat heikkotehoisia. Luokan 1 laserlaite ei vaadi suojaustoimenpiteitä eikä säteily aiheuta vaaraa. Useimmat lelut ovat luokan 1 laserlaitteita. Luokkaan 1 voidaan katsoa kuuluvan myös suuremman luokan laitteita joissa altistuminen lasersäteilylle on mekaanisesti estetty. Tällaisia laitteita ovat muun muassa osa tulostimista ja CD/DVD-asetista. Luokan 1M laserlaitteet ovat lähellä luokan 1 laitteita kuitenkin sillä erolla, että turvallisuusriski on olemassa jos lasersädettä katsotaan optisella apuvälineellä. Luokan nimessä kirjain M tulee englanninkielisestä sanasta ”magnification”. (STUK 2010; Latokartano J. 2008)

4.2.2 Luokka 2 ja 2M

Luokan 2 laserlaitteet voivat olla terveysriski, jos lasersäde suunnataan suoraan silmään ja säteeseen katsotaan kauan. Osa laserosoittimista ja viivakoodin lukijoista on luokan 2 laserlaitteita. Luokan 2M laserlaitteet voivat olla suurempitehoisia kuin luokan 2 sillä erotuksella että lasersäde ei ole kapea. Monet taso- ja suuntauslaserit ovat luokan 2M laserlaitteita. (STUK 2010; Latokartano J. 2008)

4.2.3 Luokka 3R

Luokan 3R-laserlaitteiden lasersäteily saattaa aiheuttaa silmävaurio, mikäli säde osuu suoraan silmään. Riski on pienempi kuin luokan 3B-laserlaitteilla ja näin ollen suoja-lasienkäyttöä ei vaadita. Näkyvän valon aallonpituuksilla luokan 3R suurin sallittu säteilyteho on 5 mW jatkuvatoimiselle laserille. (STUK 2010; Latokartano J. 2008; IEC 60825-1, 29)

4.2.4 Luokka 3B

Luokan 3B-laserlaitteiden lasersäteily on aina vaarallista silmälle. Luokan 3B laserlaitteiden kanssa on tärkeää välttää peiliheijastuneiden ja suorien säteiden osuminen silmiin. (STUK 2010; Latokartano J. 2008)

4.2.5 Luokka 4

Luokka 4 on suurin ja vaarallisin laserluokka. Lasereiden voimakkuudella ei ole ylärajaa. Luokan 4 laserlaitteiden kanssa tulee aina huolehtia oikean aallonpituuden lasersuojalasien käytöstä. Jo pelkkä lasersäteilyn hajaheijastus voi aiheuttaa silmävaurion. Luokan 4 laserlaitteet voivat aiheuttaa vaurioita myös iholle, joten myös ihon suojaamisesta tulee huolehtia. (STUK 2010; Latokartano J. 2008)

4.3 Lasersäteilyltä suojautuminen

Lasersäteilyltä tulee suojautua, kun laserlaitteen laserluokka on suurempi kuin 3R. Ensimmäisestään kannattaa pyrkiä estämään mahdollisuus altistua lasersäteilylle. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee laserin käyttöalueella käyttää lasersuojalaseja. Alueelle tulee järjestää kulunvalvonta, joka estää lasersäteilylle altistumisen ilman suojalaseja. Tämä toiminto voidaan järjestää tilaan johtaviin oviin kytketyillä rajakytkimillä. Lasersuojalasien sopivuus tulee aina tarkistaa. Kaikki lasit eivät suojaa kaikilta lasersäteilyn aallonpituuksilta. Mikäli säteilyn intensiteetti ylittää ihon MPE arvon tulee huolehtia asian mukaisesta suojausvaatetuksesta. (STUK 2010; Latokartano J. 2008)

4.4 Lasersäteestä varoittaminen

Tilat ja laitteet, joiden alueella voi altistua luokan 3B tai 4 lasersäteilylle, tulee merkitä IEC 60825-1 standardin mukaisilla varoituskylteillä. Kuvassa 3 on esitetty asianmukainen varoituskyltti.



KUVA 3. Laservaroituskyltti.

CAVILUX Weldin Monitoring -tuotekehitysprojektin aikana suunnittelin liitteen 1 mukaiset laserlaitevaroitustarrat (CENELEC:n standardin mukaan).

4.5 Sertifiointi

EEA- ja EFTA-alueilla myytävien ja käytettävien sähkölaitteiden tulee täyttää CE-merkintään oikeuttavat vaatimukset. Kaikista EU:n direktiivien mukaisista laitteista tulee löytyä CE-merkintä. Tämän lisäksi laitteen valmistajalla tai maahantuojalla tulee olla valmius esittää vaatimustenmukaisuusvakuutus, joka perustuu laitteen keskeisiin rakennetiedostoihin. Tekniset rakennetiedostot kuvaavat, miten tuotteen direktiivienmukaisuudesta on varmistuttu. Direktiivit edellyttävät valmistajalta tuotannon laadunvarmistusta. Tämä takaa kaikkien valmistettavien tuotteiden vaatimustenmukaisuuden. (European Commission 2013; Wikipedia 2013; Suomen standardisoimisliitto 2013; SGS Fimko 2011; STUK 2010)



Cavitar Oy:n tuotteiden osalta olennaisimmat direktiivit ovat pienjännite-, EMC-, RoHS- ja laserturvallisuusedirektiivi. Suomen standardisoimisliiton mukaan:

”CE-merkintää voi hakea direktiivin alaisille tuotteille monilla eri tavoilla. Joissakin tapauksissa riittää valmistajan vakuutus ja joskus merkinnän saamiseksi on käytettävä kolmatta osapuolta, mm. ilmoitettuja laitoksia.”

Tällaisia ilmoitettuja laitoksia ovat esimerkiksi SGS Fimko, Intertek ja Nemko. Osalle Cavitar Oy:n tuotteita on tehty vaatimustenmukaisuustarkistus kolmannen osapuolen toimesta. Euroopan komissio esittelee internet-sivullaan valmistajille kuusi askelmaa CE-merkintään:

- 1) Tunnista tuotettasi koskevat direktiivit ja standardit.
- 2) Tarkista tuotteellesi ominaiset direktiivien ja standardien mukaiset vaatimukset.
- 3) Tarkista, vaaditaanko tuotteellesi kolmannen osapuolen tarkastus.
- 4) Testaa tuotteesi direktiivien ja standardien mukaan.
- 5) Varmista tuotteen teknisen dokumentoinnin ja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen saatavuus.
- 6) Merkitse tuotteesi CE-merkillä.

Cavitar Oy:n tuotteissa CE-merkki sijaitsee laitteen sarjanumerotarrassa. Kuvassa 4 on esimerkki tuotteen sarjanumerotarrasta.

Product:	Serial number:
CAVILUX OEM Laser Unit	2013022201OL
Manufactured:	Laser output power:
Tampere, Finland, July 2012	200 W \pm 10 %
Input:	Wavelength:
12 V \equiv 0,5 A ; 84 V \equiv 0,05 A	640 \pm 10 nm
Version 4.4	
  CAVITAR	
Manufacturer: Cavitar Ltd. Kuokkamaantie 4 A, FI- 33800 Tampere, FINLAND	

KUVA 4. Sarjanumerotarra.

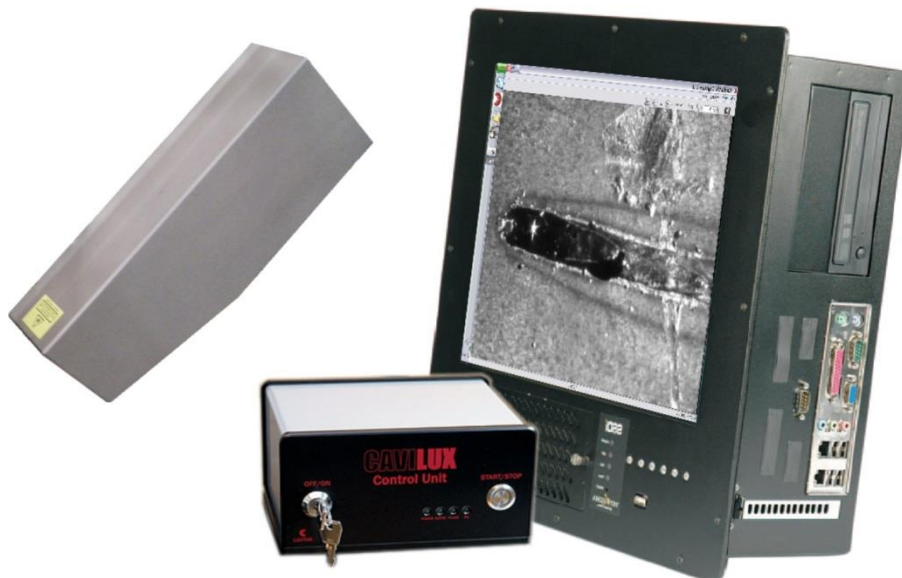
5 CAVILUX Welding Monitoring

5.1 Versiot

CAVILUX Welding Monitoring -tuotteen kehitysprojekti alkoi asiakaslähtöisesti tavoitteena kehittää kameran, laservalonlähteen ja tietokoneen sisältävä monitorointijärjestelmä. Tuote on aikojen saatossa saanut neljä erilaista versiota, joista jokainen on ainutlaatuinen ja käyttökohteeseensa sopiva. Muutokset versioiden välillä ovat lähinnä koskeneet sensoriyksikköä, joka sisältää kameran ja laservalonlähteen.

5.1.1 Versio 1.0

Ensimmäinen versio kehitettiin asiakkaalle, joka halusi monitoroida CO₂-laserhitsausta. Vaadittava kuva-ala oli kooltaan 6x8 mm 150 mm etäisyydeltä. Tämä asetti laitteen optiikalle haasteita syvyysterävyiden ja kuva-alan saralla. Kuvassa 5 on esitettynä ensimmäisen CAVILUX Welding Monitoring -tuotteen kokoonpano.



KUVA 5. CAVILUX Welding Monitoring versio 1. (Kuva: Cavitar Oy 2013)

5.1.2 Versio 2.0

Toinen versio seurasi ominaisuuksiltaan pitkälti ensimmäistä versiota. Suurimpia muutoksia tässä versiossa oli kotelon koon ja painon pienentäminen, optiikan säätömahdollisuuden lisääminen ja vaihdettava suojalasi. Optiikan säätömahdollisuus helpotti laitteen asennusvaihetta ja lisäsi tuotteen käyttömahdollisuuksia. Kuvassa 6 on CAVILUX Welding Monitoring tuotteen toinen versio.



KUVA 6. CAVILUX Welding Monitoring versio 2.

5.1.3 Versio 3.0

CAVILUX Welding Monitoring versio kolme koostui kolmesta erilaisesta kameran ja laservalonlähteen kokoonpanosta. Nämä tuotteet saivat nimensä ominaisuuksiensa mukaan: CAVILUX Standard, CAVILUX Mini ja CAVILUX HiRes. Standard -laitteisto oli tarkoitettu yleiskäyttöiseksi ja kustannuksiltaan halvimmaksi tuotteeksi. Standard -kokoonpano sisältää VGA-resoluution GigE-kameran. Mini -kokoonpano kehitettiin mahdollisimman pienikokoiseksi ja HiRes (High Resolution) -kokoonpano mahdollisti nimensä mukaisesti monitoroinnin megapikseliresoluutioilla. Kuvassa 7 on CAVILUX Welding Monitoring Mini -tuotteen kokoonpano.



KUVA 7. CAVILUX Welding Monitoring versio 3, “Mini”. (Kuva: Cavitar Oy 2013)

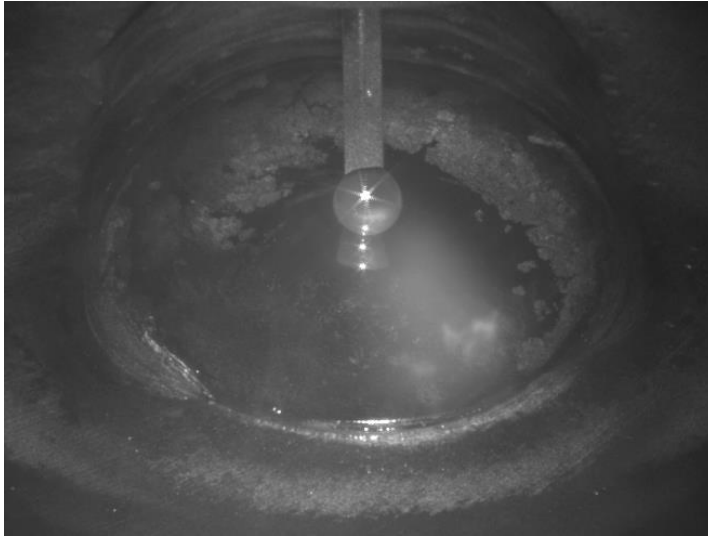
Kolmannen polven CAVILUX Welding Monitoring -tuotteissa ei keskitytty laitteiston kotelointiin, vaan haluttiin esitellä erilaisia kokoonpanoja, niiden ominaisuuksia ja mahdollisuuksia. Erona ensimmäiseen ja toiseen versioon kolmannen sukupolven tuotteissa laservalo johdettiin kohteeseen valokuidun avulla. Liitteessä kaksi on esitetty kolmannen sukupolven CAVILUX Welding Monitoring -kokoonpanot.

5.1.4 Versio 4.0

Neljännän sukupolven tuote keskittyi jälleen koteloimaan kameran ja laserin kokoonpanon. Neljännän sukupolven tuotteessa on koteloitu kolmannen sukupolven Standard kokoonpano. Tämä mahdollistaa sen yksinkertaisen ja kustannustehokkaan käytön. Neljännessä versiossa palattiin kuitujohteista mahdollisimman yksinkertaisesti käytettävään laitteeseen, ”All in one” -tyyliin. Tärkeimpinä ominaisuuksina neljännän sukupolven laitteelle mainittakoon ilmaveitsi, vesijäähdytys ja 640 nm aallonpituus, joka mahdollistaa alhaisemman laserluokituksen ja laitteen silmäturvallisen käytön. Kuvassa 8 on neljännän sukupolven CAVILUX Welding Monitoring -laite. Laite tuottaa 175 millimetrin työskentelyetäisyydeltä 30x22 mm kuvan. Laite suodattaa prosessikuvasta prosessista aiheutuvan lämpösäteilyn ja liike-epäterävyuden pois. Kuvassa 9 on laitteella otettu kuva hitsausprosessista.



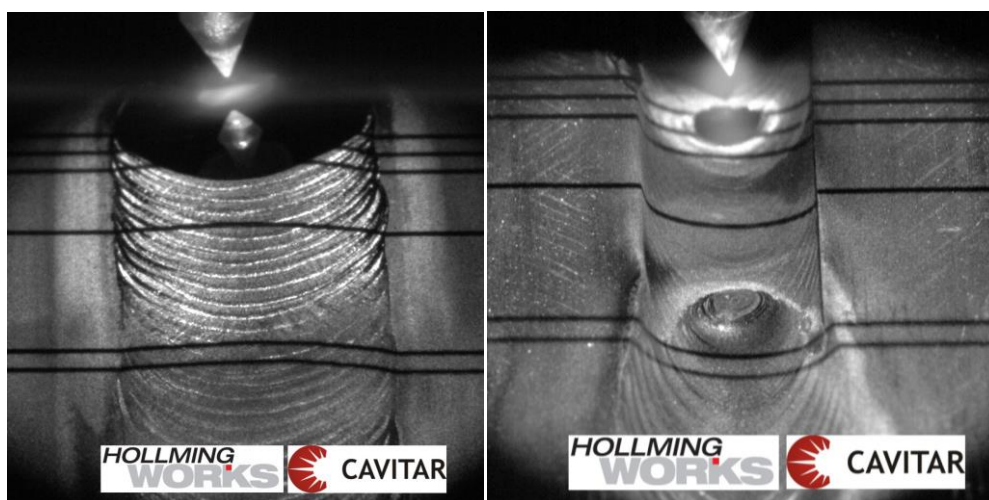
KUVA 8. CAVILUX Welding Monitoring 4.



KUVA 9. Laitteella otettu kuva MIG/MAG hitsauksesta. (Kuva: Cavitar Oy 2013)

5.2 Tulevaisuudessa

Jatkossa tullaan kehittämään valaisun rakennetta ja sen helppokäyttöisyyttä. Tarkoituksena on mahdollistaa niin sanotun rakenteellisen valon käyttö, jonka avulla monitorointiin voidaan lisätä analyysi laskentaa erilaisten rakenteellisten kuvioiden avulla. Esimerkiksi viivoitus josta voidaan laskea pinnan muoto, erilaisia etäisyyksiä ja luoda 3D-malleja. Kuvissa 10 ja 11 näkyy prosessista otettu kuva rakenteellisella valolla. Rakenteellinen valo paljastaa pinnan muodon. Kuvassa yksitoista pinnan profiili on koholla, kun taas kuvassa kymmenen hitsi on vielä vajaa ja profiili on kupera.



KUVA 10 ja 11. TIG hitsausprosessikuva ja rakenteellinen valo. (Kuva: Cavitar Oy 2013)

6 POHDINTA

CAVILUX Welding Monitoring tuotteiden -kehitys on kaiken kaikkiaan ollut pitkä prosessi, jonka aikana sekä työntekijät että yritys on kasvanut ja oppinut paljon uutta. Suuri osa CAVILUX Welding Monitoring -tuotteen kehityksestä on tehty asiakaslähtöisesti. Aikataulullisesti tuote on edennyt hyvää vauhtia. Tulevaisuus näyttää tuotteen osalta mielenkiintoiselta ja mahdollisuuksien täyteiseltä. Tuote on saanut markkinoilta hyvää palautetta ja nyt tehtävänä onkin tavoittaa markkinat. On käynyt selväksi, että laservalaisu mahdollistaa ennennäkemättömien prosessien reaaliaikaisen monitoroinnin ja laadunvarmistamisen suoraan tuotanto prosesseissa. Tuotteen selkeitä etuja ovat sen helpokäyttöisyys, fyysinen koko ja monitoroinnin kuvanlaatu. CAVILUX Welding Monitoring tuote mahdollistaa hitsauksen parissa työskentelevien suojaamisen myös prosessin aiheuttamalta säteilyltä. Suurimpia haasteita tuotteen markkinoinnissa on teknologian tunnettavuuden lisääminen ja laserturvallisuuden parantaminen. Usein laser nähdään suurena ”kuoleman säteenä”, joka on elokuvista saatu mielikuva. Ei osata ajatella, että itse hitsaus prosessien lähettämä UV-säteily voi olla yhtä vaarallista tai jopa vaarallisempaa kudoksille kuin lasersäteily.

LÄHTEET

Latokartano J. 2008. TTE-6310 Lasertyöstöprosessit – Laserturvallisuus. TTY. Luettu 10.3.2013. <http://www.laserco.fi/lasertiedostot/Laserturvallisuus.pdf>

Mickaël LELEK - Institut Pasteur. Translator: Martin Robert de Saint Vincent. 2007. Laser and non-linear optics, Laser safety. OPI. Luettu 10.3.2013
http://www.optique-ingenieur.org/en/courses/OPI_ang_M01_C02/co/Contenu_06.html

Säteilyturvakeskus. 2010. Säteilevät laitteet – Laserit. STUK. Luettu 10.3.2013
http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat_laitteet/fi_FI/laser/

Wikipedia. 2013. Laser safety. Luettu 10.3.2013
http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_safety

Jokela K., Ylianttila L., Visuri R. & Hietanen M. 2009. Laserturvallisuus. Säteilyturvakeskus. Luettu 10.3.2013.
http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja7_files/82446478690681384/default/STUK_7_luku_3.pdf

European Commission. 2013. CE Marking. EU. Luettu 10.3.2013.
http://ec.europa.eu/enterprise/policies/single-market-goods/cemarking/about-ce-marking/index_en.htm

Suomen standardisoimisliitto. 2013. CE-merkintä. SFS Ry. Luettu 10.3.2013
http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta

SGS Fimko. 2011. CE-Merkintä ja direktiivipalvelut. SGS Fimko. Luettu 10.3.2013
https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.sgs.fi%2F~%2Fmedia%2FLocal%2FFinland%2FDocuments%2FTechnical%2520Documents%2FSGS_CTS_E_E_C_E_marking_and_directives_fi_11_v1.pdf


Wikipedia. 2013. CE marking. Luettu 10.3.2013
http://en.wikipedia.org/wiki/CE_marking

Cavitar Oy 2013, Cavitar Oy:n arkistot

IEC. 2007. 60825-1 Edition 1.2 Safety of laser products-Part 1: Equipment classification and requirements. Luettu 13.5.2013


LIITTEET
Liite 1. Laservaroitustarrat

1 (3)




CAVITAR

TARRASETTI
English




LASER RADIATION
LASER RADIATION CAN HARM
YOU. NEVER POINT LASER AT
OTHER PEOPLE. ALWAYS USE
LASER SAFETY GLASSES.
CLASS 2B LASER PRODUCT

ENGLISH 1/2012



LASER RADIATION
LASER RADIATION CAN HARM
YOU. NEVER POINT LASER AT
OTHER PEOPLE. ALWAYS USE
LASER SAFETY GLASSES.
CLASS 2B LASER PRODUCT


ENGLISH 1/2012



LASER APERTURE

Title: Laser safety labels
Date: 9.7.2012
Copyright: Cavitar Oy
Drawer: Aku Savolainen

Liite 1. Laservaroitustarrat




English

Finnish


French

German




LASER RADIATION DO NOT
STARE INTO THE BEAM OR
USE OPTICAL INSTRUMENTS
TO VIEW THE LASER BEAM

EN 60825-1:2007




LASERVAIKKA
ÄLÄ TÄSTÄ SUORAAN
IÄLITTELLÄ KATSEAA
LASERIN SÄTEILYALUEA

FIN 60825-1:2007



RAYONNEMENT LASER
NE PAS REGARDER DANS LA
DIRECTION DU FASCEAU
DÉCLASSEZ LA

FR 60825-1:2007



Laserstrahlung
nicht in den Strahl schauen oder
mit optischen Instrumenten
beobachten
LASER FREISETZEN


DE 60825-1:2007

English

Finnish


French

German




LASER RADIATION
DO NOT STARE INTO THE
BEAM OR USE OPTICAL
INSTRUMENTS TO VIEW
THE LASER BEAM

EN 60825-1:2007




LASERVAIKKA
ÄLÄ TÄSTÄ SUORAAN
IÄLITTELLÄ KATSEAA
LASERIN SÄTEILYALUEA

FIN 60825-1:2007



RAYONNEMENT LASER
NE PAS REGARDER DANS LA
DIRECTION DU FASCEAU
DÉCLASSEZ LA

FR 60825-1:2007



Laserstrahlung
nicht in den Strahl schauen oder
mit optischen Instrumenten
beobachten
LASER FREISETZEN

DE 60825-1:2007

LASERVAIKKA

LASERVAIKKA

CLASSEMENT LASER

Laserstrahlung bei
Freisetzen

Title: Laser safety labels
Date: 9.7.2012
Copyright: Cavitar Oy
Drawer: Aku Savolainen

Liite 2. CAVILUX Welding Monitoring version 3.0 kokoonpanot (Lähde Cavitar Oy 2013)



Welding monitoring solutions

Monitor as well as **adjust** your process **right away** once a defect has been detected.

See through heat and blinding brightness **straight to the core** of your welding process.

Take advantage of the information in your process that was impossible to see before.

Want to see what you have missed?
Cavitar Ltd is an expert in illumination and materials processing lasers based on diode laser technology.
We provide versatile laser solutions for integrators of industrial monitoring systems and manufacturing machinery.
www.cavitar.com

CAVITAR
Welding monitoring solutions

CAVILUX®
Welding monitoring solutions

See through heat

Liite 2. CAVILUX Welding Monitoring version 3.0 kokoonpanot (Lähde Cavitar Oy 2013)

Welding monitoring solutions

Small solution for easy integration

- Robust, compact and reliable - capable of fulfilling the toughest operational requirements
- Easy to use and integrate
- Lightweight camera and laser illumination can be attached even to a hand welding torch

See through heat and blinding brightness straight to the core of your welding process

- Immune to surrounding light and vibrations
- Visualization of weld position with respect to the object gap position (visual seam tracking)
- Visualization of the presence of unwanted droplets

Monitor and adjust in real-time

- Monitoring of the melt pool behavior (boundary, shape, size, stability)
- Monitoring of filler material inside arc - adjust and optimize the welding device accordingly to get a stable process
- Monitoring of the actual length of the free filler wire
- High quality live video that can be saved for documentation purposes

Far reaching and safe to operate

- Reaches process even in difficult places - for welding behind corner, in limited spaces or in dangerous environment
- Safe and easy, process monitoring by operator
- For training purposes

For various levels of automation

- Manual welding
- Semi-automated welding
- Automated welding
- Robot welding

For various welding techniques

- Arc welding (MIG, MAG, TIG)
- Laser welding
- Hybrid welding

Effective and efficient

- Excellent image and video quality
- Higher process yield
- Improved quality and reliability
- Savings in process set-up and problem solving time
- Reduces the need for laborious and expensive post-manufacturing checks

CAVILUX®

Welding monitoring solutions

	Standard	Mini	MiniS
Camera			
Resolution (pixels)	659x494	659x484	1392x1040
Max frame rate	Typically 20 frames per second at full resolution		
Size (WxHxL) (mm)	28x20x60,3	12,5x12x47,5	36x36x64,4
Weight (g)	<90	<20	<90
Camera lens			
Working distance (mm)	100 ... 300	100 ... 300	100 ... 300
Field of view (mm²)	5x3 ... 31x23	19x15 ... 40x32	11x8 ... 32x24
Laser unit			
Wavelength (nm)	640 (HeNe) or 810 (NIR) ± 10		
Laser class	3R or 3B IEC 60825-1:2007), depending on the configuration		
Size (WxHxL) (mm)	62,36x150 (including connector)		
Weight (g)	300		
Light delivery	Fiber coupled, typical fiber length 3 m		
Optics size (pxL) (mm²)	03x73	07x28	03x73
Optics weight (g)	80	10	80

VAC laser welding

TIG welding, narrow groove, orbital

Monitoring the root side of welding seams, inside tube